

Dr. Csiszár Csaba, Csonka Bálint, Földes Dávid,  
Dr. Dán András, Dr. Farkas Csaba, Prikler László

## Az e-mobilitáshoz kapcsolódó közép- és hosszú távú villamos hálózati hatások

A villamos autók terjedése a megfelelő töltési infrastruktúra kiépítését igényli. Cikkünkben a nemzetközi szakirodalomra alapozva áttekintettük a töltőinfrastruktúra-telepítés releváns szempontjait; feltártuk és elemeztük a magyarországi helyzetet. Szimulációk segítségével vizsgáltuk, hogy a közeljövőre prognosztizált villamosautó-penetráció mellett a villamos elosztóhálózaton milyen hatásokra számíthatunk, a hálózat üzemeltetőinek milyen kihívásokra kell felkészülniük ezen új technológia integrálása során.

*The spread of electric cars (EVs) requires the installation of a proper charging infrastructure: in our paper we collected the relevant aspects for the planning of these stations and charging points and gave a brief overview about the situation in Hungary. We investigated the possible effects EV charging might cause on the power network with computer simulations. The results help DSOs to prepare their grids for the adaptation of EVs in the near future.*

### 1. BEVEZETÉS

A közlekedésben számos újszerű megoldás járul hozzá az élhetőbb környezet kialakításához. Teret nyerne a megosztáson alapuló (shared-economy) koncepciók új mobilitási formákat eredményezve, amelyek a jármű- és a férőhely-kihasználtságot fokozzák (pl. car-sharing, ride-sharing).

Jelentős átalakulást eredményez a közlekedés területén az egyre növekvő mértékű automatizálás és digitalizáció. Az autonóm (vezető nélküli) járművek megjelenésével a mobilitási szokások jelentős változása is várható.

Egyúttal a környezetet lokálisan nem károsító meghajtások alkalmazása is szükséges, ami a közlekedés dekarbonizációját segíti elő. A villamos járművek használatának ösztönzése (különösen a városi környezetben) nagymértékben javítja az életminőséget (zajcsökkentés, levegőtisztaság). A villamos járművekkel összefüggő technológiai kutatások, fejlesztések és maguknak a járműveknek a gyártása és üzemeltetése jelentősen hozzájárul az új munkahelyek teremtéséhez.

Cikkünkben összefoglaljuk, hogy a töltőinfrastruktúra telepítéskor milyen gyakorlatot követnek az e-mobilitásban élenjáró országok, illetve hogy milyen szempontok játszanak szerepet a felhasználók oldaláról a töltőpontok elhelyezésével kapcsolatban. Ezt követően bemutatjuk, hogy a villamosenergia-rendszer szempontjából milyen hatások várhatóak nagyszámú villamos autó töltése következtében.

### 2. TÖLTŐINFRASTRUKTÚRA-TELEPÍTÉSI GYAKORLATOK

#### 2.1. Külföldi tapasztalatok

A nemzetközi szakirodalom feldolgozásakor az Egyesült Királyság [7], [12], Írország [6], Németország [8], Spanyolország [4], Olaszország [1], Észtország [2], [3], Kína [10] és az Egyesült Államok [11],

**1. táblázat:** A villamosautó-használatot és a töltőtelepítést befolyásoló szempontok

	Szempont	Kedvező
Demográfiai	Nem	Férfi
	Életkor	18-45 éves
	Szakmai helyzet	Vezető beosztású
	Kereset	Magas keresetű
	Lakóhely	Nincs garázs
	Járművek száma a háztartásban	2 vagy több
Jármű	Közlekedési szokás	Alacsony a naponta járművel megtett távolság
	Beszerzési ár	Hagyományos járművel megegyező
Közlekedési	Hatótáv	> 300 km
	Kapcsolat közösségi közlekedéssel	Nagy kapacitású viszonylatok P+R parkolóiban
	Hozzáférhetőség	Nem zsúfolt, de jól látható helyen
	Parkolóban töltött idő nagysága	Töltőtípushoz igazítva
Szolgáltatás	Forgalomnagyság	Ahova szükséges a mai utazási jellemzők alapján
	Elérhető szolgáltatás	Töltés közben hasznosan lehessen eltölteni az időt
	Megbízhatóság	Rövid várakozási idő és megbízható működés
	Biztonság	A sofőrnek ne kelljen féltennie se az autót, se magát

[9] példáit tekintettük át. A tanulmányok alapján megállapítható, hogy a töltőtelepítés során három szempontot mindenképpen érdemes figyelembe venni: a demográfiai jellemzőket, a gazdasági jellemzőket és a közúti forgalom sajátosságait. Ezek alapján (és további szempontokat is figyelembe véve) becsléssel számítható a töltőállomások várható forgalma. A villamosjármű-használatot és a töltőtelepítést befolyásoló legfontosabb szempontokat az 1. táblázatban foglaltuk össze. (A táblázatba beépítettük a saját kérdőíves felmérésünk eredményeit is.)

Az is egyértelműen kiderült, hogy bár vannak hasonlóságok a villamos járművek használatában, mégsem lehet egy egységesen, mindenütt alkalmazható módszert kidolgozni az országok (régik) sajátosságai miatt.

Mivel országokként jelentősek az eltérések, ezért Magyarország is egyedi stratégiát igényel; a környező országokban bevált módszereket csak részben és megfelelő adaptációt követően vehetjük át.

#### 2.2. Magyarországi gyakorlat

Magyarországon jelenleg több mint 100 nyilvános töltőállomás üzemel.

Az országos településrendezési és építési követelményekről szóló 253/1997. (XII. 20.) kormányrendelet (OTÉK) 2016. februári módosítása bizonyos létesítményeket villamos töltőállomás kiépítésére kötelez. Az előírás szerint a napi fogyasztási cikket értékesítő, 300 m<sup>2</sup>-nél nagyobb bruttó alapterületű üzletek újonnan létesített, illetve meglévő minden 100 várakozó- (parkoló) helyből legalább kettőt villamosgépjármű-töltőállomással kell ellátni (a legtöbb esetben 2019. január 1-jéig; az 1500 m<sup>2</sup> nettó árusítótérnél kisebb üzletek esetén a település lakosságától függően 2020 vagy 2026. január 1-jéig). Emellett az ellenérték fejében

parkolóhely értékesítését szolgáló, meglévő építmények esetén minden megkezdett 100 parkolóhelyből 2017. január 1-jéig legalább egyet, 2019. január 1-jéig legalább kettőt villamosgépjármű-töltőállomással kell ellátni. Előírták továbbá azt is, hogy a fenti helyszínek esetén az újonnan létesített parkolóhelyeket úgy kell kialakítani, hogy 100 parkolóhely után legalább 10 parkolóhely vonatkozásában villamosgépjármű-töltőállomás kiépíthető legyen a burkolat megbontása nélkül. A rendelet a kiépítendő töltőállomások műszaki követelményeire azonban nem tér ki.

### 2.3. Töltési technológia

A jelenlegi járművek hatótávolsága 120-150 km körül alakul, melyet a kedvezőtlen időjárási viszonyok, kényelmi berendezések (pl. klíma) tovább korlátozhatnak, így egy átlagos utazó éves utazási teljesítményének biztosításához legalább évi 110-130 teljes járműfeltöltés szükséges. Amíg a villamos autók nem képesek egy töltéssel 600-700 km-t megtenni, addig a hosszabb távok leküzdése csak út közbeni villámtöltéssel lehetséges. Hazánkban a nagyobb hatótávolságú autók megjelenésére csak jóval később lehet számítani, vélhetően a Nyugat-Európában leváltott, már némileg csökkent kapacitású, kisebb hatótávolságú használt autók nagyobb számban fognak elterjedni. Ezért ezek használatához is sűrű töltőhálózatra lesz szükség.

Az akkumulátorok kapacitásának fejlődésével egyidejűleg az energiafelvételi teljesítmény növekedésével is számolni kell, hiszen ennek elmaradása esetén a nagyobb kapacitások jelentősen növekvő töltési időket eredményeznének. A jelenlegi feltételezések alapján néhány éven belül a mai 40-50 kW helyett 100-250 kW töltési teljesítményre lesz szükség minden villámtöltő oszlopon. Ezek az előrejelzések a hálózatfejlesztés terén is előrelátó tervezést kívánnak meg. A töltőállomások áramellátását úgy érdemes méretezni, hogy a várható forgalom függvényében 250-500 kW összteljesítmény rendelkezésre álljon a későbbi bővítési lehetőségek biztosítása céljából [5].

A töltési technológiák fejlesztésének, az infrastruktúra bővítésének szerepe a fenti tényezők miatt kiemelten fontos. Jól átgondolt, több szempontot figyelembe vevő módszertan alapján elhelyezett, az ország átjárhatóságát és a városok megfelelő lefedettségét biztosító gyors- és villámtöltő hálózat révén az elektromobilitás technológiai korlátainak hatásai mérsékelhetők és a vásárlási hajlandóság (a hatótávolság, komfortérzet és megbízhatóság javulása következtében) növelhető.

### 2.4. A magyarországi töltőinfrastruktúra-fejlesztési lehetőségei

A Közlekedésbiztonsági és Közlekedésgazdasági Tanszéken elvégzett kutatások és a nemzetközi gyakorlat alapján átlagosan 50 kilométerenként villámtöltő berendezések elhelyezése szükséges a jelenlegi technológiai fejlettség mellett. A konkrét helyszínek kijelölésénél az úthálózat forgalmi jellemzői (nagyság, összetétel és időbeli lefolyás) és egyéb stratégiai szempontok is figyelembe veendőek. Mivel az ország átjárhatóságának biztosításakor hosszabb utazási távolságot feltételezünk, kizárólag villámtöltő állomások elhelyezése javasolt, annak érdekében, hogy a felhasználó a lehető legkevesebb idővesztéssel szerezze el a töltés következtében.

Az ország villamos autókkal való átjárhatósága érdekében a vizsgálatok szerint 70 helyszín már kielégítő térbeli lefedettséget biztosít.

## 3. VILLAMOSAUTÓ-TÖLTÉS HÁLÓZATI HATÁSAI

A töltési lehetőségek áttekintését követően megvizsgáljuk, hogy a villamos autók töltése milyen hatással lesz a villamosenergia-rendszer egyes komponenseire és a rendszer egészé-

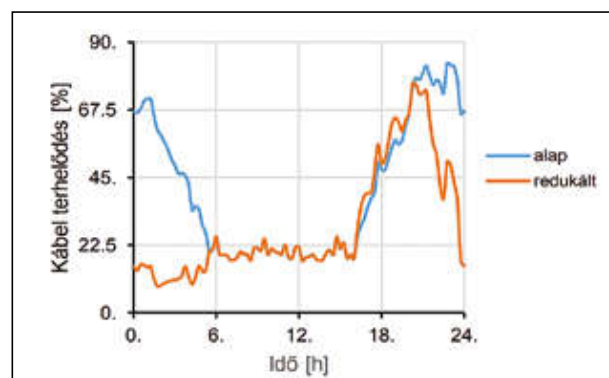
re. A hatásokat a lokálistól a globálisig elemezzük, vagyis az elosztóhálózatoktól a teljes villamosenergia-rendszerig. Mivel hazánkban a villamos autók jelenlegi száma elenyészőnek mondható, a várható hatásokat az előre becsült gépjárműszám, energiaigény és töltési teljesítmény figyelembevételével, számítógépes szimulációval határoztuk meg.

### 3.1. Hatások a KIF hálózaton

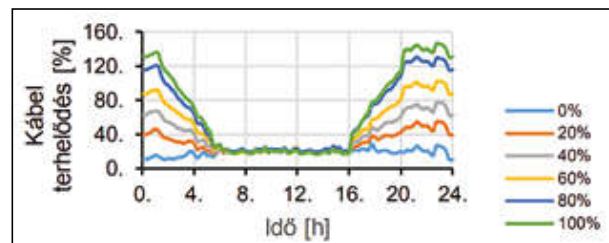
A töltés következtében több probléma is felléphet a kisfeszültségű elosztóhálózaton (a hangsúly a feltételes módon van – ahogy a szimulációkból is látni fogjuk, rövid és középtávon a jelenleg prognosztizálható villamosjármű-darabszámok alapján többnyire nincs probléma).

#### 3.1.1. Hálózati elemek terhelődése

A sugaras hálózaton egyes elemek (elsősorban kábelek, illetve KÖF/KIF transzformátorok is) túlterhelődhetnek (lásd 1. ábra), hiszen a járművek töltése többlet-áramfelvételt jelent.



1. ábra Villamos autók otthoni töltésének hatása a hálózati elemek terhelődésére, 40%-os penetráció



2. ábra Villamos autók otthoni töltésének hatása a hálózati elemek terhelődésére, worst case

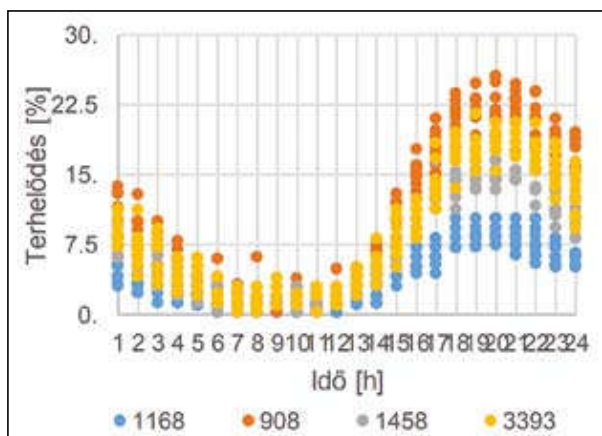
Az ábrán az alapeset a worst case esetnek felel meg, amikor a járműveket teljesen lemerültnek feltételezett akkumulátorral töltjük, otthoni, lassú (tehát egyfázisú) töltőket feltételezve. Worst case esetben a különböző villamosautó-penetrációk esetén a 2. ábra mutatja a kábelek várható terhelődésének nagyságát. A 40%-os penetrációt – ami túlterhelődést még nem okoz, de az elosztóhálózati elemeken már jelentős terhelést eredményez – tekintettük kiindulási alapnak a további vizsgálatokhoz.

A redukálnak nevezett esetben a villamos autók beérkezéskori töltöttsége már nem 0, hanem nemzetközi felmérésből [13] származó, eloszlásfüggvényt figyelembe vett érték. Jól látható, hogy ebben az esetben a nagy terheltségű állapot rövidebb ideig áll fenn.

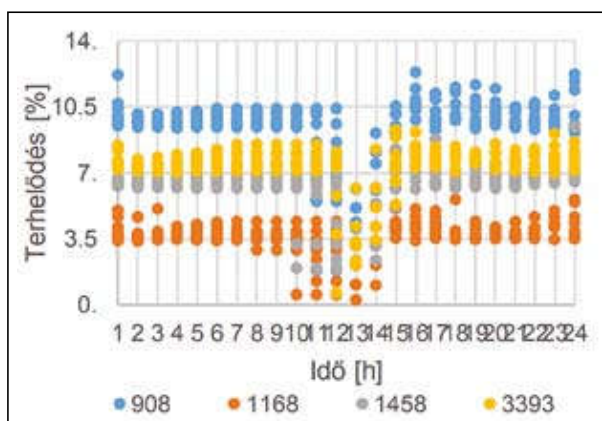
Hasonló ábrákat figyelhetünk meg transzformátorok terhelődését vizsgálva is.

#### 3.1.2. Töltésszabályozás

A hálózati elemek terhelődését töltésszabályozással (az otthoni töltőberendezések áramszolgáltatói – HKV/RKV segítségével –, flottakezelői vagy töltésszolgáltatói vezérlésével) csökkent-



**3. ábra** Transzformátor terhelődése szabályozás nélkül, 20%-os penetráció



**4. ábra** Transzformátor terhelődése töltésszabályozással, 20%-os penetráció

ni lehet, de legalábbis lehetőség van a terhelődés simítására, ahogyan azt a 3. ábra és a 4. ábra is mutatja. Az ábrákon több transzformátorkörzet eredményei is fel vannak tüntetve, továbbá az elvégzett szimuláció sztochasztikus jellege (ti. többszöri, véletlenszerűen paraméterezett scenáriók) miatt több adatpontot is látunk minden órára.

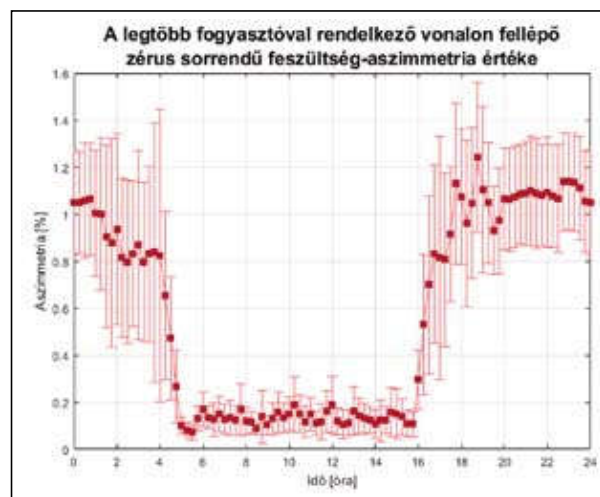
A töltésszabályozás során a töltések aktuális számából és a töltőteltjesítményből meghatároztunk egy határértéket, amelyet a töltés során nem léphetünk túl az adott körzetben. Ha ezt mégis meghaladjuk, akkor minden, éppen töltő jármű töltőteltjesítményét csökkentjük, ezáltal a hálózat terhelődése kisebb lesz. Természetesen mindez azt jelenti, hogy a feltöltéshez szükséges idő megnövekszik, hiszen a töltési igényeket csak átütemeztük egy későbbi időpontra, természetesen a korábban meghatározott korlátokat figyelembe véve. Jól látható, hogy a töltés átütemezése által a hálózat terhelődése csökkent, s emellett egyenletesebbé is vált.

### 3.1.3. Feszültségcsökkenés növekedése

A többlet-áramfelvétel a feszültségcsökkenést is megnöveli, így előfordulhat, hogy a hálózaton szabványtalan feszültség alakul ki a fogyasztói csatlakozási pontokon. Ez a probléma inkább a hosszabb, nagyobb impedanciával rendelkező szabadvezetékes hálózatokon várható.

### 3.1.4. Aszimmetria

Egyfázisú, kis teljesítményű (lassú) töltők alkalmazása esetén felléphet feszültségaszimmetria az egyenletlen fáziskiosztás esetén. Erre mutat példát egy leágazás esetén, 20%-os villamosautó-résarányt feltételezve az 5. ábra.



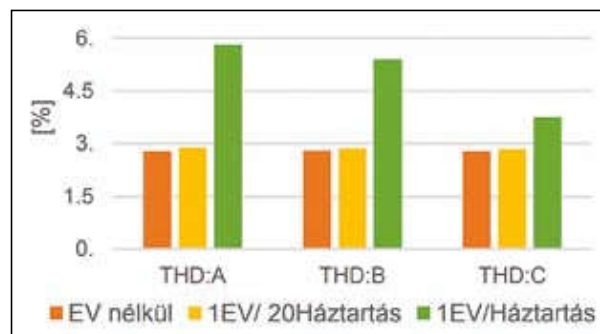
**5. ábra** Zérus sorrendű aszimmetria mértéke, 20%-os penetráció

Az ábra az átlagértékek mellett azok szórását is mutatja. Jól látható, hogy ekkora villamosautó-résarány esetén nem várható, hogy az aszimmetria mértéke a szabványban előírt értéket meghaladja (itt is worst case töltöttséget feltételezve). A telepítéskor továbbá oda lehet figyelni arra, hogy kellően egyenletes legyen a fáziskiosztás, így az aszimmetria mértéke tovább csökkenthető.

A nagyobb teljesítményű, nem otthoni töltésre szánt töltők pedig háromfázisúak, így aszimmetriát nem okoznak.

### 3.1.5. Harmonikus torzulás

A villamosautó-töltők teljesítményelektronikai eszközök, így a hálózat felé harmonikus visszahatást okoznak. A Villamos Energetika Tanszéken elvégzett mérések alapján készített hálózatszimulációk szerint kis villamosautó-penetráció esetén az otthoni töltés nem eredményez jelentős harmonikus torzulásnövekedést (lásd 6. ábra), 100%-os (a közeljövőben biztosan meg nem valósuló) penetráció esetén viszont a szabványban megengedett határértékeket már megközelítjük. (Megjegyezzük, hogy a 100%-os penetrációra vonatkozó ábrán még az egyenletlen fáziskiosztás hatása is látható: az aszimmetria mellett tehát a harmonikus torzulásra is kihatással van a nem megfelelően tervezett hálózat.)



**6. ábra** Villamos autók által okozott harmonikus feszültségtorzulás-növekedés

### 3.2. Hatások a KÖF hálózaton

A töltőteltjesítmény növekedésével a KIF elosztóhálózaton való töltés lehetősége jelentős korlátokba ütközhethet. A villámtöltő állomásokat, illetve a nagyobb teljesítményű gyorstöltőket (22 kW felett, hiszen ez felel meg a 3x32 A-nek) – különösen a nem városi kábelhálózatra csatlakozó berendezéseket – már KÖF hálózatra kell vagy érdemes csatlakoztatni. Ez a megoldás azért is előnyösebb, mert így a nagy teljesítményű inverterekkel ren-



delkező villámtöltők harmonikus áramkibocsátása kisebb hálózati zavartatást okoz.

Az M3-as autópálya mentén kiválasztott, jelenleg benzinkutakat is ellátó hálózatok elemzésével arra a következtetésre jutottunk, hogy egy-egy, összesen 500 kW beépített töltőteljesítménnyel rendelkező töltőállomás még 100%-os kihasználtság esetén is gyakorlatilag elhanyagolható hatással lesz a KÖF hálózat terhelődésére (<5% növekedés), illetve a feszültségesés nagyságára (<1% növekedés).

### 3.3. Rendszerszintű hatások

Végezetül ki kell térnünk a nagyszámú villamos autó által a teljes villamosenergia-rendszerre gyakorolt hatásokra is.

Egyrészt – ahogyan az előzőekben is láttuk – a töltés terhelő a hálózatot. Számítások szerint 200 000 villamos autó azonban (amely szám 2030-ra még mindig az optimista becslésnek a kétszerese, a pesszimistának pedig közel hatszorosa) csak körülbelül 0,5 TWh/év többletvillamosenergia-fogyasztást jelent: ez a magyar fogyasztás ~1,5%-a, tehát nem jelentős. Rendszerszinten tehát a közeljövőben nem várható a villamos autók elterjedése miatt jelentős forrásigény.

Ugyanakkor a szakirodalom szerint a nagyszámú villamos autók egyidejű töltése esetén (amely szám természetesen az összes villamos autónak csak egy részét – az éppen töltőket – jelenti) lehetőség van a járműveket virtuális erőműbe összefogva a rendszerirányító számára szabályozási tartalékot biztosítani, illetve akár a villamosenergia-piacon is részt venni. A kétirányú teljesítményáramlást a szakirodalom V2G-nek nevezi. Ennek megvalósításához már intelligens töltésre, fejlett kommunikációs adatkapcsolatra, tulajdonképpen tehát a smart gridként aposztrofált hálózatra van szükség.

A V2G technológia gyakorlati megvalósíthatóságát mindemellett komoly kételyek övezik, hiszen a visszatáplálás

- csökkenti az akkumulátor töltöttségét, ami hátrányos a felhasználóknak,
- degradálja az akkumulátorokat,
- esetén az autó fedélzeti töltőrendszerét is alkalmassá kell tenni a kétirányú energiaáramlás támogatására.

Mindemellett nem életszerű, hogy az éppen töltő autók akkumulátorai rendszerszabályozási tartalékot jelentsenek.

## 4. ÖSSZEFOGLALÁS

A villamos autók jövőben várható elterjedésének következtében a megfelelő töltőinfrastruktúra kiépítése szükséges. Megvizsgáltuk, hogy a telepítésnek milyen szempontjai relevánsak, mi a nemzetközi tapasztalat, illetve hazánkban milyen trendek figyelhetők meg.

A villamos autók töltése hatással van a villamosenergia-hálózatra, cikkünk második felében bemutattuk, hogy a közeljövőben, alacsony penetráció esetén milyen hatásokra kell felkészülni. Az elemzések azt mutatják, hogy az elkövetkező 10-15 évben a jelenlegi trendeket alapul véve nem kell attól tartani, hogy a meglévő hálózat nem fogja tudni kiszolgálni a megjelenő villamos autók töltési igényeit.

## 5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők köszönetet szeretnének mondani Orlay Imrének, az ÉMÁSZ Hálózati Kft. műszaki szakértőjének a szöveg lektorálásiért.

Köszönet illeti továbbá Welsz Ágnes, Bíró Norbert, Martina Bálint, Tóth András, Törő Ákos, Törő Dominik és Zajkás Benedek hallgatókat, akik önálló laboratóriumi, illetve szakdolgozat-írási tevékenységük során számos szimulációt elvégeztek és eredményeik a cikk megírásához is felhasználásra kerültek.

### Irodalomjegyzék

- [1] De Gennaro, M., Paffumi, E., Martini, G. (2015) Customer-driven design of the recharge infrastructure and Vehicle-to-Grid in urban areas: A large-scale application for electric vehicles deployment. *Energy* 82: 294-311. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2015.01.039>
- [2] Drovtnar, I., Rosin, A., Landsberg, M., Kilter, J. (2013) Large scale electric vehicle integration and its impact on the Estonian power system. In: *PowerTech (POWERTECH)*, 2013 IEEE Grenoble. DOI: 10.1109/PTC.2013.6652181
- [3] Joller, L., Varblane, U. (2016) Learning from an electromobility living lab: Experiences from the Estonian ELMO programme. *Case Studies on Transport Policy* 4(2): 57-67. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cstp.2015.11.001>
- [4] Madina, C., Zamora, I., Zabala, E. (2016) Methodology for assessing electric vehicle charging infrastructure business models. *Energy Policy* 89: 284-293. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2015.12.007>
- [5] Magyar Villanyautó Klub Egyesület (MAVAK). (2016) Nemzeti Töltő Infrastruktúra. 2016. február 18. (<http://villanyautosok.hu/wp-content/uploads/2016/03/Nemzeti-To%CC%88to%CC%8B-Infrastruktura%CC%81ra.pdf>) Utolsó letöltés: 2016.09.23.
- [6] Morrissey, P., Weldon, P., O'Mahony, M. (2016) Future standard and fast charging infrastructure planning: An analysis of electric vehicle charging behaviour. *Energy Policy* 89: 257-270. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2015.12.001>
- [7] Namdeo, A., Tiwary, A., Dziurla, R. (2014) Spatial planning of public charging points using multi-dimensional analysis of early adopters of electric vehicles for a city region. *Technological Forecasting & Social Change* 89: 188-200. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2013.08.032>
- [8] Philipsen, R., Schmidt, T., Ziefle, M. (2015) A Charging Place to Be - Users' Evaluation Criteria for the Positioning of Fast-charging Infrastructure for Electro Mobility. *Procedia Manufacturing* 3: 2792-2799. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.742>
- [9] Sathaye, N., Kelley, S. (2013) An approach for the optimal planning of electric vehicle infrastructure for highway corridors. *Transportation Research Part E* 59: 15-33. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tre.2013.08.003>
- [10] Shahraiki, N., Cai, H., Turkay, M., Xu, M. (2015) Optimal locations of electric public charging stations using real world vehicle travel patterns. *Transportation Research Part D* 41: 165-176. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.trd.2015.09.011>
- [11] Xi, X., Sioshansi, R., Marano, V. (2013) Simulation-optimization model for location of a public electric vehicle charging infrastructure. *Transportation Research Part D* 22: 60-69. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.trd.2013.02.014>
- [12] Xydias, E., Marmaras, C., Cipcigan, L.M., Jenkins, N., Carroll, S., Barker, M. (2016) A data-driven approach for characterising the charging demand of electric vehicles: A UK case study. *Applied Energy* 162: 731-771. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.10.151>
- [13] I. N. Laboratory, (2014) EV Project Nissan Leaf Vehicle Summary Report, no. October 2013, pp. 1-17, 2014.



**Dr. Csizsár Csaba**

BME Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar, Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszék

[csizar.csaba@mail.bme.hu](mailto:csizar.csaba@mail.bme.hu)



**Dr. Dán András**

BME Villamosmérnöki és Informatikai Kar, Villamos Energetika Tanszék MEE-tag

[dan.andras@vet.bme.hu](mailto:dan.andras@vet.bme.hu)



**Csonka Bálint**

BME Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar, Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszék

[csonka.balint@mail.bme.hu](mailto:csonka.balint@mail.bme.hu)



**Dr. Farkas Csaba**

BME Villamosmérnöki és Informatikai Kar, Villamos Energetika Tanszék MEE-tag

[farkas.csaba@vet.bme.hu](mailto:farkas.csaba@vet.bme.hu)



**Földes Dávid**

BME Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar, Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszék

[foldes.david@mail.bme.hu](mailto:foldes.david@mail.bme.hu)



**Prikler László**

BME Villamosmérnöki és Informatikai Kar, Villamos Energetika Tanszék MEE-tag

[prikler.laszlo@vet.bme.hu](mailto:prikler.laszlo@vet.bme.hu)